

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月13日

出願番号
Application Number: 特願2002-362251

ST. 10/C]: [JP2002-362251]

願人
Applicant(s): キヤノン株式会社

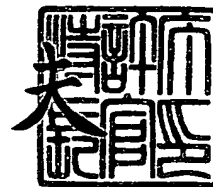
BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 1月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-31087

【書類名】 特許願

【整理番号】 250393

【提出日】 平成14年12月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04B 1/00
H04N 1/00
H04L 12/42

【発明の名称】 複屈折測定装置

【請求項の数】 8

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内
【氏名】 竹内 誠二

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内
【氏名】 岸川 康宏

【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キャノン株式会社
【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】
【識別番号】 100092853
【弁理士】
【氏名又は名称】 山下 亮一

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 012896
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704074

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複屈折測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する少なくとも 1 つの分割手段と、少なくとも 1 つの偏光子と、少なくとも 1 つの位相差板と、少なくとも 2 つの受光手段と、前記受光手段の受光光量を演算する演算手段とを有することを特徴とする複屈折測定装置。

【請求項 2】 光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する少なくとも 1 つの分割手段と、少なくとも 1 つの偏光子と、4 つの受光手段と、前記受光手段の受光光量を演算する演算手段とを有し、試料と偏光子を回転することなく試料の複屈折を測定することを特徴とする複屈折測定装置。

【請求項 3】 光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する照射手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する分割手段を少なくとも 2 つと、4 つの受光手段を有し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 1 の光束を 1 つの偏光分離手段に入射し、2 つの直交する偏光成分を有する 2 光束に分割し各々受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 2 の光束を、偏光子を介して前記直交する 2 つの偏光成分とは 4 5 度異なる偏光成分を受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 3 の光束を、位相差板と偏光子を介して円偏光成分のみを受光手段で検出して該試料の複屈折量を測定することを特徴とする複屈折測定装置。

【請求項 4】 光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する照射手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する分割手段を少なくとも 3 つと、4 つの受光手段を有し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 1 の光束を第 1 の偏光子に入射し、第 1 の偏光成分を第 1 の受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 2 の光束を偏光子に入射し、第 1 の偏光成分とは直交する第 2 の偏光成分を第 2 の

受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第3の光束を偏光子に入射し、第1の偏光成分とは45度異なる第3の偏光成分を第3の受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第4の光束を位相差板と偏光子に入射し、円偏光成分を第4の受光手段で検出して該試料の複屈折量を測定することを特徴とする複屈折測定装置。

【請求項5】 前記分割手段は、同じ反射特性と同じ透過特性を有する光学素子3つから成ることを特徴とする請求項1～4の何れかに記載の複屈折測定装置。

【請求項6】 前記入射光は、パルス光であることを特徴とする請求項1～5の何れかに記載の複屈折測定装置。

【請求項7】 前記受光手段は、2次元ディテクターであることを特徴とする請求項1～6の何れかに記載の複屈折測定装置。

【請求項8】 前記受光手段は、一次元ディテクターで、該一次元ディテクターが測定している領域の長手方向と垂直な方向に移動することを特徴とする請求項1～6の何れかに記載の複屈折測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料の複屈折量を測定する複屈折測定装置である。

【0002】

【従来の技術】

従来技術として文献に紹介されている複屈折測定装置がある。例えばヘテロダイン光源を用いた位相測定法であり、光学第20巻p. 112 “周波数安定化横ゼーマンレーザーによる光弾性定数測定” に解説がある。又、Wang & Oakberg, Rev. Sci. Instrum. 70 (10), 3847 (1999) にあるような位相変調素子を用いた複屈折測定装置もある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の複屈折測定装置は偏光子、試料若しくは位相差板等を回転するか、位相

を変調する素子があり、測定に時間が掛かった。このため、複屈折量が急速に変化する場合等には測定が困難であった。又、光源がパルス光源の場合や出力が不安定な場合、測定が困難であった。

【 0 0 0 4 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたもので、その目的とする処は、高速且つ実時間で複屈折を測定することができる複屈折測定装置を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項 1 記載発明は、光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する少なくとも 1 つの分割手段と、少なくとも 1 つの偏光子と、少なくとも 1 つの位相差板と、少なくとも 2 つの受光手段と、前記受光手段の受光光量を演算する演算手段とを有することを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

請求項 2 記載の発明は、光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する少なくとも 1 つの分割手段と、少なくとも 1 つの偏光子と、4 つの受光手段と、前記受光手段の受光光量を演算する演算手段とを有し、試料と偏光子を回転することなく試料の複屈折を測定することを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

請求項 3 記載の発明は、光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する照射手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する分割手段を少なくとも 2 つと、4 つの受光手段を有し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 1 の光束を 1 つの偏光分離手段に入射し、2 つの直交する偏光成分を有する 2 光束に分割し各々受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 2 の光束を、偏光子を介して前記直交する 2 つの偏光成分とは 4 5 度異なる偏光成分を受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 3 の光束を、位相差板と偏光子を介して円偏光成分のみを受光手段で検出して該試料の複屈折量を測定することを特徴とする。

【0 0 0 8】

請求項 4 記載の発明は、光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する照射手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する分割手段を少なくとも 3 つと、4 つの受光手段を有し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 1 の光束を第 1 の偏光子に入射し、第 1 の偏光成分を第 1 の受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 2 の光束を偏光子に入射し、第 1 の偏光成分とは直交する第 2 の偏光成分を第 2 の受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 3 の光束を偏光子に入射し、第 1 の偏光成分とは 4 5 度異なる第 3 の偏光成分を第 3 の受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 4 の光束を位相差板と偏光子に入射し、円偏光成分を第 4 の受光手段で検出して該試料の複屈折量を測定することを特徴とする。

【0 0 0 9】**【発明の実施の形態】**

以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

【0 0 1 0】**<実施の形態 1>**

本発明の実施の形態 1 を図 1 及び図 2 を用いて説明する。

【0 0 1 1】

図 1 において、1 0 1 は光源、1 0 2, 1 1 2, 1 1 5 は 1 光束型のグラントムソン偏光プリズム、1 0 3, 1 1 4 は $\lambda/4$ 位相差板、1 0 4 は入射光、1 0 5 は複屈折を測定する試料、1 0 6 は試料からの出射光、1 0 7, 1 0 8 は出射光をその出射光と同じ偏光状態の 2 つの光束に分割する分割手段である。1 0 9 は 2 光束型のグラントムソン偏光プリズム、1 1 0, 1 1 1, 1 1 3, 1 1 6 は受光部、1 1 7 は演算部である。

【0 0 1 2】

光源からの光は、偏光プリズムを通して直線偏光となり、その後水平から + 4 5° 進相軸を傾けた $\lambda/4$ 位相差板を通ることで、入射光 1 0 4 は右回り円偏光となる。試料の複屈折の影響で試料を出た出射光 1 0 6 は、一般的に楕円偏光と

なって、分割手段 107 に入射する。出射光 106 と同じ偏光状態で反射する第 1 の光束と、出射光 106 と同じ偏光状態で透過する第 2 の光束に分離される。第 1 の光束は二光束型のグラントムソンプリズム 109 に入射し、2 つの直交する偏光に分割され、それぞれ受光部 110 と 111 に入射する。

【0013】

分割手段 107 を透過する第 2 の光束は、更に分割手段 108 に入射し、再度出射光 106 と同じ偏光状態で反射する第 3 の光束と、出射光 106 と同じ偏光状態で透過する第 4 の光束に分離される。第 3 の光束は透過軸を $+45^\circ$ に回転して固定した一光束型のグラントムソンプリズム 112 に入射し、 $+45^\circ$ 直線偏光成分を受光部 113 にて受光している。第 4 の光束は、進相軸を $+45^\circ$ に回転して固定した $\lambda/4$ 位相差板 114 に入射し、更に透過軸を 90° に固定した一光束型のグラントムソンプリズム 115 に入射し、透過する偏光成分のみを受光部 116 で検出している。受光部 110, 111, 113, 116 で検出された光量は演算部 117 で演算し、ストークスパラメータを求めている。

【0014】

図 2 において偏光状態を保存する光束分割手段を説明する。

【0015】

図 2 は分割手段に入射する入射光束を入射光束と同じ偏光状態の 2 光束に分割する分割手段の説明図である。

【0016】

201 は入射光束、204, 205, 206 は光束が 45° の入射角で入射するように設置された平行平板、202 は 2 枚の平行平板によって 2 回反射する第 1 の光束、203 は 2 枚の平行平板を両方透過する光束である。207, 208 は本実施の形態では用いない不要光である。

【0017】

第 1 の平行平板 204 と第 2 の平行平板 205 は、第 1 の平行平板 204 を反射する p 偏光成分が第 2 の平行平板 205 では s 偏光成分として反射するように設置されている。この構成によると、第 1 の平行平板 204 を s 偏光で反射する偏光成分は第 2 の平行平板 205 では p 偏光成分として反射する。

【0018】

一方、第3の平行平板206は、第1の平行平板204を透過するp偏光成分が第3の平行平板206ではs偏光成分として透過するように設置されている。この構成によると、第1の平行平板204をs偏光で透過する偏光成分は第3の平行平板206ではp偏光成分として反射する。

【0019】

以下に入射光束と同じ偏光状態で二光束に分割される原理を説明する。ここでは簡略化のため、平行平板の裏面での反射は無視する。

【0020】

入射光束が完全偏光であれば、その電界ベクトルは

$$E = E_p + E_s$$

と第1平行平板の反射の際にp偏光成分となる直線偏光成分 E_p とs偏光成分となる直線偏光成分 E_s とに分解して計算することが可能である。入射光束が部分偏光や非偏光の時もこれらは複数の完全偏光成分の集まりと考えられるので、各々の完全偏光が保存できれば良い。

【0021】

材質の同じ平行平板3枚を用いると3つの平行平板のp偏光とs偏光の複素振幅反射率 r_p 、 r_s は等しいため、入射光束のうち、第1平行平板の反射の際にp偏光成分となる直線偏光成分の複素振幅を E_p 、s偏光成分の複素振幅を E_s とすると、2回反射して得られる第1の光束202の第1偏光成分の複素振幅 E_{11} は、

$$E_{11} = r_s r_p E_p$$

となる。

【0022】

一方、第2偏光成分の複素振幅 E_{12} は、

$$E_{12} = r_p r_s E_s$$

となる。これらの足し合わせである反射光束の複素振幅 E_1 は、

$$E_1 = r_s r_p (E_p + E_s)$$

となり、入射光束に対して定数 $r_s r_p$ が掛かっただけの光束となるため、この

第1の光束202は偏光状態が入射光の偏光状態と同じ光束である。

【0023】

一方、2回透過して得られる第2の光束203の第1偏光成分の複素振幅 E_{21} は、

$$E_{21} = t_s t_p E_p$$

となる。

【0024】

一方、第2偏光成分の複素振幅 E_{22} は、

$$E_{22} = t_p t_s E_s$$

となる。これらの足し合わせである透過光束の複素振幅 E_2 は

$$E_2 = t_s t_p (E_p + E_s)$$

となり、入射光束に対して定数 $t_s t_p$ が掛かっただけの光束となるため、この第2の光束203は偏光状態が入射光の偏光状態と同じ光束である。

【0025】

尚、ここでは平行平板に対して入射角 45° で入射するとしたが、3枚の入射角が同じであれば、 45° である必要はない。又、グレーティング、ビームスプリッター等、光束分割可能な素子で、素子の偏光に対する反射特性、透過特性等の分割特性が同じものを3つ用いれば、同様の効果が得られる。 r_p , r_s , t_p , t_s 等は単なる実数定数であるとは限らず、膜の付いたスプリッター等を用いる場合は、位相の変化を示す複素数定数となることもある。

【0026】

図1では不要光は図示していないが、図2の光束207と光束208は迷光となるため、ビームダンパー等で吸収させている。

【0027】

図1において、一般的に試料の複屈折の影響を受けた出射光は楕円偏光となっている。演算部117は、4つのディテクターからの光量を以下の通り演算し、出射光の楕円偏光の偏光状態を示す、ストークスパラメーターを求めている。ここでは、2つの光束分割手段107と108は同じ特性を持っており、入射光と出射光は上記に説明した関係があるとする。又、グラントムソンプリズムと位相差

板の透過率は100%と仮定する。受光部110, 111, 113, 116で得られる光束の電界の複素振幅 E_A , E_B , E_C , E_D はそれぞれ

$$E_A = r_p r_s E_s$$

$$E_B = r_s r_p E_p$$

となり、受光部110, 111, 113, 116で検出する光量 I_1 , I_2 , I_3 , I_4 はそれぞれ

$$I_1 = |r_p r_s|^2 |E_s|^2$$

$$I_2 = |r_s r_p|^2 |E_p|^2$$

である。 r_p , r_s , t_p , t_s は予め計算か測定により求めておくことで、これらの定数分は補正演算を行う。演算部において以下の演算を行うことにより、ストークスパラメータ S_0 , S_1 , S_2 , S_3 を求めている。

【0028】

$$S_0 = (I_1 + I_2) / |r_p r_s|^2$$

$$S_1 = (I_1 - I_2) / |r_p r_s|^2$$

$$S_2 = 2 * I_3 / |r_p r_s t_p t_s|^2 - S_0$$

$$S_3 = 2 * I_4 / |t_p t_s|^4 - S_0$$

上記のようにストークスパラメータを求めると、光束の光量を含め、偏光状態の全ての情報が得られる。

【0029】

図3において、出射光と複屈折の関係を説明する。出射光は試料の複屈折量と進相軸角度に応じて図3に示したような傾いた楕円となる。長軸の傾きを θ 、楕円が外接する長方形の対角線が長軸角度となす角を ϵ とする。長軸の傾きは複屈折の進相軸角度 ϕ と以下のような関係があり、楕円の楕円率は複屈折量 B と以下の関係がある。

【0030】

又、 ϵ と θ はストークスパラメータで表すと以下の関係式が成り立つ。

【0031】

尚、ここでは109にグラントムソンプリズムを用いて説明したが、ローションプリズム、セナルモンプリズム、ウォラストンプリズム、又は誘電体多層膜等

で形成した偏光ビームスプリッター等、直交する偏光成分を分離する光学素子ならば何を用いても良い。但し、どちらの偏光成分をどのディテクターで検出しているかに応じて演算式は上記説明と異なる場合もある。

【0032】

又、112, 115もグラントムソンプリズムを用いて説明したが、これも直線偏光成分を取り出すことが可能な光学素子であれば何を用いても良い。偏光素子としてブリュースター窓やシート型偏光板を用いることで安価な装置も可能である。

【0033】

<実施の形態2>

本発明の実施の形態2は、図1で109で光束を2つに分離する代わりに、直線偏光成分を取り出す偏光素子を用い、一方、107の分割手段の前に同じ分割手段をもう1つ設けて試料からの出射光と同じ偏光状態を有する光束をもう1つ分割し、109で検出する直線偏光成分とは直交する直線偏光成分を取り出すよう偏光素子と検出器を設けるものである。この方法は特に直線偏光成分を正確に取り出すために2つの精度の高い偏光プリズムを利用する場合に有効である。

【0034】

<実施の形態3>

本発明の実施の形態3は、パルス光源を光源として用いる複屈折測定装置である。図1において、光源101をパルス光源とする。極紫外光や、真空紫外光ではArFエキシマレーザーやF2エキシマレーザー等のパルス光源が用いられる。データの処理方法は実施の形態1と同様であるが、4つの受光部によって得られる信号を同期して処理することにより光源の光量変動等に依存することなくパルスごとに複屈折の測定をしている。又、試料と光学系を相対的に動かすことで試料の複屈折の2次元分布を測定している。

【0035】

<実施の形態4>

本発明の実施の形態4は、実施の形態1において受光部を2次元センサーとするものである。2次元センサーとしては例えばCCDカメラ等を用いている。コ

リメーターを用いて光源の光をほぼ平行光束となるように広げ、面内一様な特性が得られる偏光プリズムと位相差板を用いている。CCDカメラのピクセルは4つの対応しているディテクターが同じ位置を測定しているよう調整している。それぞれのピクセルで4つのストークスパラメーターを求め、それぞれ複屈折量と進相軸方位を求めることで、試料の複屈折の2次元分布が求められる。

【0036】

<実施の形態5>

本発明の実施の形態5は、実施の形態1において受光部を1次元センサーとするものである。1次元センサーとしては1次元CCDアレイ等を用いている。コリメーターを用いて光源の光をほぼ平行光束となるように広げ、投光側の円偏光変換手段に用いる偏光プリズムと位相差板と受光側の各受光手段の前には、面内一様な特性が得られる偏光プリズムと位相差板を用いている。

【0037】

CCDアレイのピクセルは4つの対応しているディテクターが同じ位置を測定しているよう調整している。それぞれのピクセルで4つのストークスパラメーターを求め、それぞれ複屈折量と進相軸方位を求めることで、ライン状の領域の試料の複屈折を求めている。

【0038】

図3において、301は試料、302はライン状の測定領域、303は試料スキャン方向である。試料をライン状の測定領域に対して動かすことで複屈折の2次元分布を測定している。又、試料と測定領域は相対的に動くことが要件であるので、試料を固定して、投光部と受光部を動かすことで同様の効果が得られる。

【0039】

試料の走査方法はステップ送りや連続等速移動等があるが、CCDの積算時間や光源が連続光源かパルス光源等に応じて適切な走査方法と走査速度を選択している。

【0040】

<実施の形態6>

本発明の実施の形態6は、実施の形態5を円形試料に適応させた例である。回

転させて円形の測定領域を得るものである。

【0041】

図4において、401は試料、402はライン状の測定領域、403は試料回転方向、404は回転中心である。ライン状の測定領域を試料の回転中心から半径方向に設置し、回転中心404を中心に回転することで複屈折の2次元分布を測定している。回転するディスクの複屈折測定に適している。又、試料と測定領域は相対的に動くことが要件であるので、試料を回転したくない場合は試料を固定して、投光部と受光部を回転することで試料を回転することなく円形試料の複屈折量と進相軸の角度の2次元分布を求めることも可能である。

【0042】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、本発明によれば、回転素子が無い複屈折測定を構成しているため、高速且つ実時間で複屈折を測定することができる。

【0043】

又、パルス光源を用いた複屈折測定や複屈折変化の測定が可能となる。

【0044】

更に、本発明によれば、2次元のCCDを用いることで複屈折分布を高速且つ実時間で測定することができる。

【0045】

又、本発明によれば、1次元のCCDを用い、試料を1次元の測定領域の長手方向に対して直交する方向に走査することで2次元複屈折分布を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1を示す図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る光分割手段の図である。

【図3】

本発明の実施の形態5の測定領域と試料走査の図である。

【図 4】

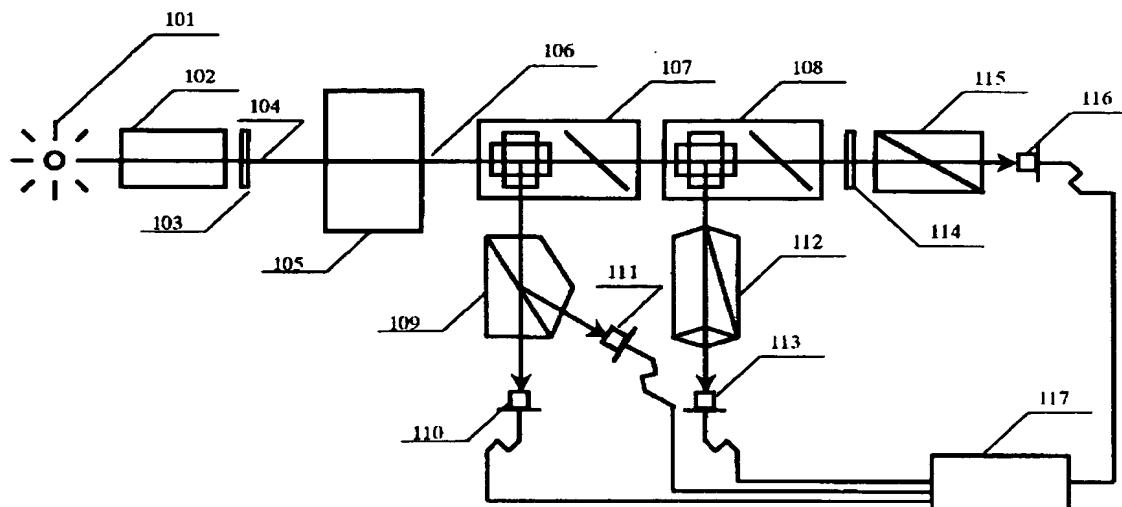
本発明の実施の形態 6 の測定領域と試料回転の図である。

【符号の説明】

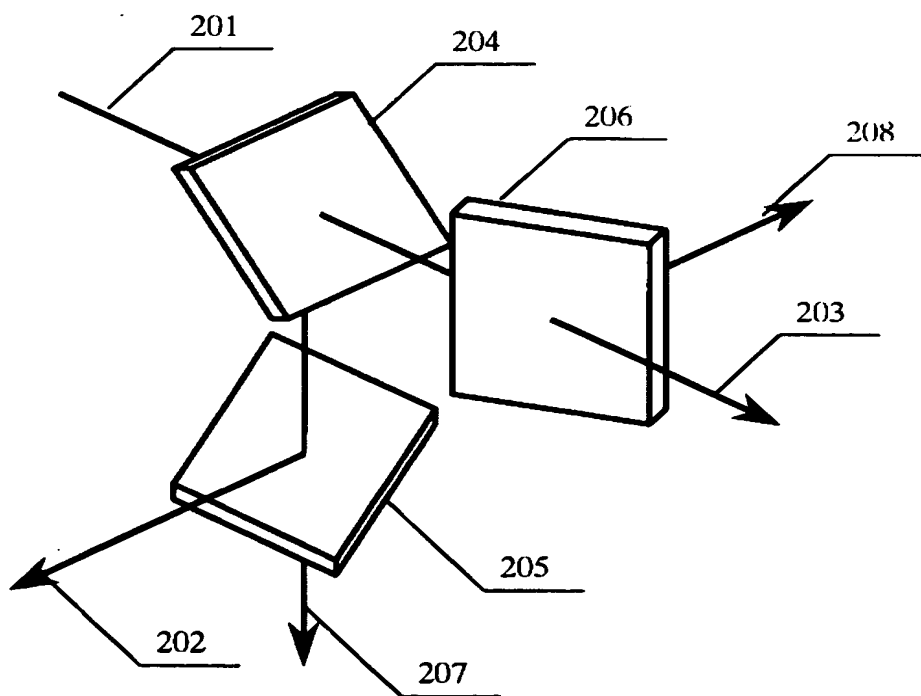
101	光源
104, 106, 201, 202, 203	光束
103, 114	位相差板
102, 112, 115	偏光子
110, 111, 113, 116	受光器
117	演算部
107, 108	偏光状態を保存して光束を分割する光束分割手段
109	二光束型のグラントムソン偏光プリズム
204~206	平行平板
207, 208	不要光
105, 301, 401	試料
302, 402	測定領域
303	試料走査方向
403	試料回転方向
404	試料回転中心

【書類名】 図面

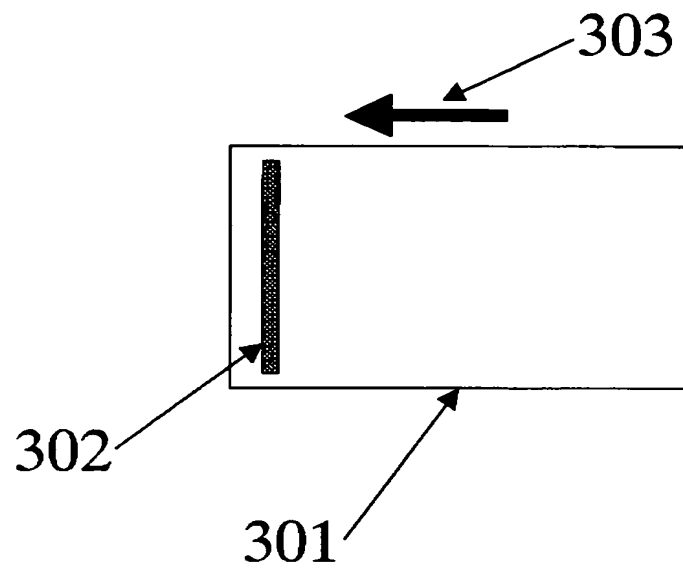
【図 1】



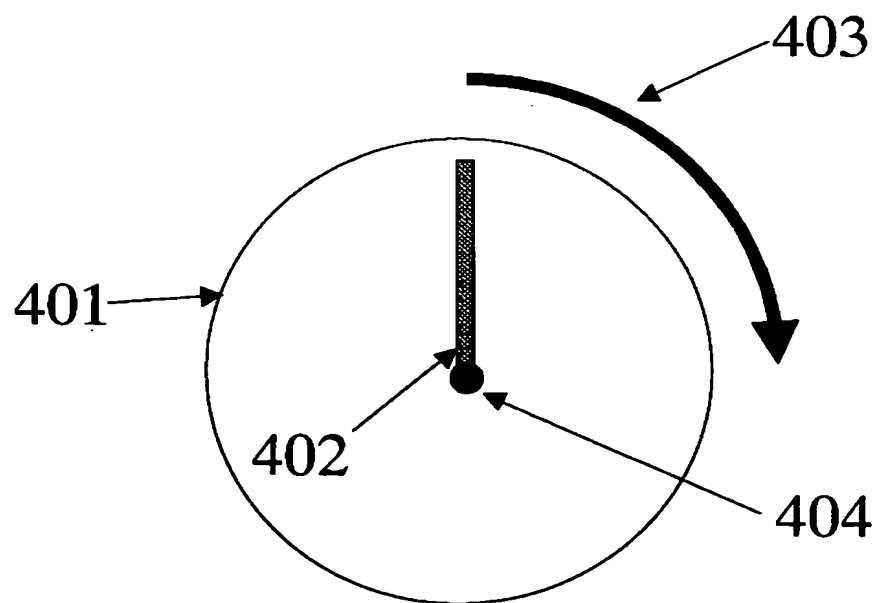
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 高速且つ実時間で複屈折を測定することができる複屈折測定装置を提供すること。

【構成】 光源と、光源からの光を円偏光に変換して試料に照射する照射手段と、試料からの出射光を前記出射光と同じ偏光状態を有する 2 つの光束に分割する分割手段を少なくとも 2 つと、4 つの受光手段を有し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 1 の光束を 1 つの偏光分離手段に入射し、2 つの直交する偏光成分を有する 2 光束に分割し各々受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 2 の光束を、偏光子を介して前記直交する 2 つの偏光成分とは 45 度異なる偏光成分を受光手段で検出し、該試料からの出射光と同じ偏光状態を有する第 3 の光束を、位相差板と偏光子を介して円偏光成分のみを受光手段で検出して該試料の複屈折量を測定する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 6 2 2 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社